บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สมบัติของแป้งข้าวเจ้า

5.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวเจ้า

ในการทดลองนี้ใช้แป้งข้าวเจ้าตราช้างสามเศียร ของบริษัทชอเฮงจำกัด มีความชื้นประมาณร้อยละ 12 และโปรตีนประมาณร้อยละ 6 ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของแป้งข้าวเจ้าในการทำขนมปังไม่ใช่ปริมาณและคุณภาพของโปรตีนเหมือนแป้งสาลี เพราะโปรตีนของแป้งข้าวเจ้าไม่เกิดการรวมตัวกันเป็นกลูเตนเหมือนในแป้งสาลี แต่เนื่องจากแป้งข้าวเจ้าได้จากการนำปลายข้าวหรือข้าวหักมาโม่บดละเอียดแล้วล้างด้วยน้ำจนสะอาด องค์ประกอบของแป้งที่ได้อาจแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของข้าวที่นำมาโม่ ซึ่งอาจมีผลต่อลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้ ดังนั้นการศึกษาองค์ประกอบของแป้งข้าวเจ้าจึงทำเพื่อให้ทราบองค์ประกอบของวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตขนมปังในการทดลองครั้งนี้

5.1.2 สมบัติของแป้งข้าวเจ้าในการเกิดก้อนแป้งผสม

จากการทำ farinograph และ extensigraph(รูปที่ 4.3 ก และ ข) เพื่อติดตามความสามารถในการดูดซึมน้ำของแป้ง เวลาในการเกิดก้อนแป้งผสม เสถียรภาพของก้อนแป้งผสม เวลาที่ก้อนแป้งผสมมีความกลมกลืนน้อยกว่า 500 B.U ดัชนีความทนทานต่อการผสม ความต้านทานต่อการยืด และความสามารถในการยืดขยายตัวของแป้งข้าวเจ้าเปรียบเทียบกับ farinograph และ extensigraph ของแป้งสาลีทั้งชนิดทำขนมปังและชนิดเอนกประสงค์ (รูปที่ 4.1 และ 4.12) พบว่าอัตราการดูดซึมน้ำของแป้งข้าวเจ้าสูงกว่าแป้งสาลีมากคือภายในเวลา 0.5 นาที ก็ถึงระดับที่เกิดความกลมกลืนสูงสุดแล้ว ซึ่งหมายความว่าเวลาที่ต้องใช้ในการผสมแป้งข้าวเจ้าเพื่อให้เกิดเป็นก้อนแป้งผสมสั้นกว่าแป้งสาลี แต่ความกลมกลืนสูงสุดของแป้งข้าวเจ้ามีค่าน้อยกว่า 500 B.U จึงไม่สามารถอ่านค่าเสถียรภาพของก้อนแป้งผสม และเวลาที่ก้อนแป้งผสมมีความกลมกลืนน้อยกว่า 500 B.U ได้สำหรับค่าดัชนีความทนทานต่อการผสมของแป้งข้าวเจ้าอ่านค่าได้ 200 B.U ซึ่งสูงกว่าค่าที่อ่านได้จากแป้งสาลีชนิดทำขนมปังและชนิดเอนกประสงค์ที่อ่านค่าได้ 20 และ 70 B.U ตามลำดับแสดงว่าแป้งข้าวเจ้ามีโปรตีนต่ำกว่าแป้งสาลีมาก

สำหรับ extensigraph จะเห็นว่าแป้งข้าวเจ้ามีลักษณะกราฟต่างจากแป้งสาลีทั้ง 2 ชนิดมาก กล่าวคือเมื่อนำก้อนแป้งผสมของแป้งข้าวเจ้ามาดึงด้วยแรงเพื่อให้เกิดการยืด ก้อนแป้งผสมของแป้งข้าวเจ้าจะขาดออกโดยเร็ว ดังจะเห็นได้จากช่วงกราฟที่แคบกว่าของแป้งสาลีมาก จากสมบัติดังกล่าวนี้อาจทำนายได้ว่า แป้งข้าวเจ้าเมื่อนำมาผลิตขนมปังความสามารถในการยืดออกเพื่อกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการหมักโดยยีสต์จะจำกัด ผลการศึกษาคุณภาพจากทั้ง farinograph และ extensigraph แสดงให้เห็นว่าแป้งข้าวเจ้าไม่มีสมบัติที่ดีพอสำหรับใช้ในการผลิตขนมปัง

5.1.3 แบบแผนความหนืดของแป้งข้าวเจ้า

เมื่อเปรียบเทียบแบบแผนความหนืดของแป้งข้าวเจ้ากับแป้งสาลีทั้ง 2 ชนิดที่กล่าวมาแล้ว พบว่าอุณหภูมิในการเกิดเจลของแป้งข้าวเจ้าเป็น 80 °ซ ในขณะที่แป้งสาลีทั้งสองชนิดมีอุณหภูมิในการเกิดเจลเท่ากันคือ 78 °ซ แต่ค่าความหนืดของเจลจะแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือ แป้งข้าวเจ้ามีความหนืดสูงกว่าแป้งสาลีมาก และมีการเกิดรีโทรเกรเดชันสูง ดังนั้นอาจทำนายได้ว่าขนมปังที่ได้แป้งข้าวเจ้าจะมีลักษณะแห้งและร่วนมากเมื่อเย็นลง(4)

5.2 <u>การศึกษาชนิดของสารเชื่อมที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังแป้งข้าวเจ้า</u>

5.2.1 สมบัติของแป้งข้าวเจ้าผสมสารเชื่อมในการเกิดก้อนแป้งผสม

ได้ศึกษาผลของการใช้สารเชื่อม 6 ชนิด คือ E4M K4M K100M A4M CMC และ ALG ในการผลิตขนมปังจากแป้งข้าวเจ้าโดยใช้สารเชื่อมร้อยละ 3.0 และ น้ำร้อยละ 80 ของน้ำหนักแป้ง จากการทดลองพบว่า สารเชื่อมทุกชนิดมีผลทำให้แป้งข้าวเจ้ามีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้มากขึ้น ทำให้ก้อนแป้งผสมมีความกลมกลืนสูงสุดถึง 500 B.U ได้ ทั้งนี้เนื่องจากสารเชื่อมเหล่านี้สามารถดูดน้ำและทำให้มีการยึดเกาะระหว่างโมเลกุลของน้ำกับเม็ดแป้งเพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้นแป้งข้าวเจ้าที่ผสม E4M K4M และ K100M ยังสามารถอ่านค่าเสถียรภาพของก้อนแป้งผสม และเวลาที่ก้อนแป้งผสมมีความกลมกลืนน้อยกว่า 500 B.U ได้ขณะที่แป้งข้าวเจ้าผสม A4M CMC และ ALG มีความกลมกลืนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจึงไม่สามารถอ่านค่าทั้ง 2 ได้ และพบว่าค่าเสถียรภาพของก้อนแป้งผสมของแป้งข้าวเจ้าผสม E4M สูงถึง 36.5 นาที ซึ่งสูงกว่าค่าที่ได้จากแป้งสาลีชนิดที่ใช้ทำขนมปังมาก ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำตัวอย่างที่กล่าวมานี้มาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตขนมปัง

ผลจาก extensigraph (รูปที่ 4.6 ก - ฉ) พบว่าแป้งข้าวเจ้าผสม E4M

และ K4M ให้ extensigraph ที่มีลักษณะคล้าย extensigraph ของแป้งสาลีมากกว่าแป้งข้าวเจ้าผสม K100M A4M CMC และALG ซึ่งยังคงมีลักษณะคล้ายกราฟของแป้งข้าวเจ้าล้วน กล่าวคือ ก้อนแป้งผสมที่มี E4M และ K4M ผสมอยู่มี extensibility สูงขึ้นกว่าแป้งข้าวเจ้าล้วนแต่ต่ำกว่า extensibility ของแป้งสาลีทั้ง 2 ชนิด หมายความว่าตัวอย่างดังกล่าวสามารถยืดออกได้พอสมควร ในขณะที่ก้อนแป้งผสมที่มี K100M A4M CMC และ ALG ผสมอยู่ยังคงมี extensibility ต่ำซึ่งหมายความว่ามีความสามารถในการยืดตัวออกได้น้อย แสดงว่าเมื่อเกิดการหมักระหว่างขั้นตอนการผลิตขนมปังก้อนแป้งผสมที่มี E4M และ K4M ผสมอยู่ควรสามารถยืดตัวออกและกักเก็บก๊าซที่เกิดจากการหมักได้ดีพอสมควร

5.2.2 แบบแผนความหนืดของแป้งข้าวเจ้าผสมสารเชื่อม

ผลจากการทดลองสามารถแบ่งลักษณะแป้งข้าวเจ้าผสมสารเชื่อมตามแบบแผนความหนืดออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มแรกได้แก่แป้งข้าวเจ้าผสม E4M K4M และ K100M ซึ่งลักษณะของแบบแผนความหนืดเริ่มจากที่อุณหภูมิของการเกิดเจลคือประมาณ 78 - 80 °ซ ความหนืดสูงสุดจะน้อยกว่าความหนืดสูงสุดของแป้งข้าวเจ้าเล็กน้อย แต่เมื่อทำให้เย็นกลับมีความหนืดสูงกว่าแป้งข้าวเจ้าเล็กน้อย แสดงว่ามีรีโทรเกรเดชันสูงกว่าแป้งข้าวเจ้าเล็กน้อย กลุ่มที่ 2 ได้แก่แป้งข้าวเจ้าผสม A4M CMC และ ALG พบว่าแป้งกลุ่มนี้มีความหนืดสูงสุดสูงกว่าความหนืดสูงสุดของแป้งข้าวเจ้า และมีรีโทรเกรเดชันสูงกว่าแป้งข้าวเจ้าและแป้งกลุ่มแรกมาก ลักษณะดังกล่าวนี้จะเป็นผลให้ขนมปังที่ผลิตจากแป้งกลุ่มนี้มีลักษณะแห้งและร่วน(4)

5.2.3 การผลิตขนมปังจากแป้งข้าวเจ้าผสมสารเชื่อม

เมื่อนำแป้งข้าวเจ้าผสมสารเชื่อมแต่ละชนิดมาผลิตเป็นขนมปัง พบว่าแป้งข้าวเจ้าผสม E4M ให้ผลิตภัณฑ์ลักษณะคล้ายขนมปังที่ผลิตจากแป้งสาลีมากที่สุด(รูปที่ 4.9) คือระหว่าง proofก้อนแป้งผสมมีลักษณะขึ้นฟูซึ่งแสดงว่าสามารถเก็บก๊าซที่เกิดขณะหมักไว้ได้ แต่เมื่อนำเข้าอบและอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้เกิดแรงดันภายในสูงจากการขยายตัวของก๊าซ ก้อนแป้งไม่สามารถยืดตัวออกให้สมดุลกับแรงดันนี้ได้จึงทำให้ผิวหน้าของขนมปังปริแตก แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเซลอากาศขนาดเล็กค่อนข้างละเอียด สำหรับ K4M และ K100M ให้ลักษณะของขนมปังคล้ายกัน คือผิวหน้าไม่แตก แต่ปริมาตรเล็ก เซลอากาศขนาดใหญ่ และเนื้อขนมปังค่อนข้างหยาบ ส่วนขนมปังที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าผสม A4M CMC และ ALG ไม่มีลักษณะของขนมปัง เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการหมักไม่สามารถดันก้อนแป้งให้ขึ้นฟูได้ เนื้อขนมปังที่ได้จึงมีลักษณะแน่นทึบ ซึ่งอาจเป็นเพราะสารเชื่อมเหล่านี้ทำให้เม็ดแป้งมีแรงยึดเหนี่ยวกันมากเกินไป ผลดังกล่าวนี้

สอดคล้องกับการทดลองของ Nishita(21) ซึ่งพบว่าเมื่อใช้ HPMC ในปริมาณร้อยละ 3.0 ผสมกับแป้งข้าวเจ้าในการผลิตขนมปังจะให้ขนมปังที่มีปริมาตรจำเพาะสูงกว่าเมื่อใช้ CMC carrageenan xanthan gum และ locust bean gum เป็นสารเชื่อม

5.3 การศึกษาปริมาณสารเชื่อมและปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังจากแป้งข้าวเจ้า

จากข้อ 5.2.1 farinograph ของแป้งข้าวเจ้าผสม E4M K4M K100M และ extensigraph ของแป้งข้าวเจ้าผสม E4M กับ K4M แสดงว่ามีแนวโน้มที่สามารถนำตัวอย่างเหล่านี้มาผลิตขนมปังได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการนำมาผลิตจริง(ข้อ 5.2.3) โดยที่ K4M และ K100M ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะทั่วไปคล้ายกัน จึงเลือก K4M ซึ่งให้ผล extensigraph คล้ายแป้งสาลีมากกว่ามาทดลองต่อ ในขั้นนี้ได้ศึกษาผลของปริมาณสารเชื่อม 2 ชนิดที่เลือกมาคือ E4M และ K4M โดยแปรปริมาณสารเชื่อมเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 1.5 3.0 และ 4.5 ของน้ำหนักแป้งและปริมาณน้ำ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 70 80 และ 90 ของน้ำหนักแป้ง

5.3.1 ผลของปริมาณสารเชื่อมและปริมาณน้ำต่อปริมาตรจำเพาะของขนมปัง

ผลจากการทดลองพบว่า E4M และ K4M ร้อยละ 4.5 กับน้ำร้อยละ 90 ให้ขนมปังที่มีปริมาตรจำเพาะสูงสุดคือ 5.52 และ 3.86 ลบ.ซม./กรัม ตามลำดับ และแตกต่างจากสภาวะร่วมอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ(ตารางที่ 4.7 และ 4.9)) เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าปริมาณ E4M และ K4M ที่ระดับต่างๆมีผลต่อปริมาตรจำเพาะของขนมปังอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่ปริมาณน้ำที่ต่างกันมีผลต่อปริมาตรจำเพาะของขนมปังอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) และทั้งปริมาณ E4M K4M กับปริมาณน้ำมีปฏิภาคสัมพันธ์(interaction)ซึ่งกันและกัน เมื่อเปรียบเทียบปริมาตรจำเพาะสูงสุดของขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสม E4M และ K4M ซึ่งเท่ากับ 5.52 และ 3.86 ลบ.ซม./กรัม ตามลำดับ กับมาตรฐานของขนมปังที่ได้จากแป้งสาลีซึ่งกำหนดไว้ว่า ควรมีปริมาตรจำเพาะมากกว่า 4.2 ลบ.ซม./กรัม(34) อาจสรุปได้ว่าถ้าพิจารณาจากปัจจัยนี้เพียงอย่างเดียว E4M เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นสารเชื่อมในการผลิตขนมปังจากแป้งข้าวเจ้ามากกว่า K4M

จากการพิจารณาลักษณะทั่วไป และ ลักษณะเซลอากาศของขนมปังแป้งข้าวเจ้าผสม E4M และ K4M พบว่าสำหรับ E4M เมื่อใช้ในปริมาณต่ำขนมปังมีลักษณะเซลอากาศหยาบกว่าพวกที่มีสารดังกล่าวผสมอยู่ในปริมาณสูง และเมื่อปริมาณน้ำเพิ่มมากขึ้นเปลือกด้านบนของขนมปังจะมีรอยแตกเพิ่มมากขึ้นด้วย ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจาก E4M ในปริมาณต่ำทำให้แรงยึดเกาะระหว่างโมเลกุลของแป้งมีไม่มากพอเซลอากาศในขนมปังจึงมีขนาดใหญ่และเนื้อขนมปังที่ได้มีลักษณะหยาบ ขณะเดียวกันเมื่อใช้

น้ำในผลิตภัณฑ์มากเกินไปก็จะเป็นผลให้ก้อนแป้งผสมเกิดโครงร่างตาข่ายที่มีลักษณะไม่แข็งแรงพอที่จะต้านแรงดันที่เกิดขึ้นขณะอบจึงเกิดรอยแตกขึ้นที่เปลือกด้านบน ส่วน K4M ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะภายนอกเรียบกว่า แต่มี oven spring ต่ำ เซลอากาศมีขนาดใหญ่และหยาบกว่าพวกที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสม E4M มาก(รูปที่ 4.9)

5.3.2 ผลการทดลอบทางประสาทสัมผัส

ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสได้พิจารณาลักษณะทั่วไป ลักษณะเนื้อใน(ลักษณะเซลอากาศ) ลักษณะเนื้อสัมผัสจากการชิม และการยอมรับในแต่ละลักษณะดังกล่าว โดยแบ่งระดับการยอมรับออกเป็น 4 ระดับ คือ ใช้ไม่ได้ เกือบใช้ได้ ยอมรับได้ และคุณภาพดี พบว่าขนมปังแป้งข้าวเจ้าผสม E4M ได้รับการยอมรับในด้านลักษณะทั่วไปอยู่ในระดับ ใช้ไม่ได้ ถึง เกือบใช้ได้ ลักษณะเนื้อในและเนื้อสัมผัสจากการชิม อยู่ในระดับ ใช้ไม่ได้ ถึง ยอมรับได้(ตารางที่ 4.11) เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าปริมาณ E4M ที่ต่างกันมีผลต่อลักษณะทั่วไปอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่มีผลต่อลักษณะเนื้อในและเนื้อสัมผัสจากการชิมอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ ที่ปริมาณ E4M สูงเนื้อขนมปังมีลักษณะเซลอากาศละเอียดกว่า และเมื่อชิมมีความนุ่มกว่าด้วย สำหรับปริมาณน้ำมีผลต่อลักษณะทั้ง 3 อย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) โดยที่ระดับน้ำสูงลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์มีความโค้งนูนมากกว่า ขณะเดียวกันก็ทำให้เปลือกด้านบนของขนมปังปริแตก ทางด้านลักษณะเนื้อและเนื้อสัมผัสจากการชิมพบว่าที่ปริมาณน้ำสูงผลิตภัณฑ์มีเซลอากาศขนาดเล็กละเอียดและเนื้อสัมผัสนุ่มกว่าด้วยทั้งนี้อาจเนื่องจากสตาร์ชสามารถเกิดเจลลาติไนซ์ได้อย่างสมบูรณ์

เมื่อพิจารณาทั้งคะแนน และระดับการยอมรับในด้านต่างๆพบว่า ที่ E4M ร้อยละ 3.0 กับน้ำร้อยละ 90 ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนและการยอมรับสูงที่สุด กล่าวคือ ขนมปังที่ได้มีคะแนนด้านลักษณะทั่วไป 1.86 การยอมรับอยู่ในเกณฑ์ เกือบใช้ได้ การที่ได้คะแนนต่ำมีสาเหตุจากลักษณะเปลือกด้านบนของผลิตภัณฑ์ซึ่งแม้จะโค้งนูนดี แต่มีรอยแตกลึกพาดอยู่กึ่งกลาง ส่วนลักษณะเนื้อด้านในนั้นเนื่องจากเซลอากาศมีขนาดเล็กสม่ำเสมอคะแนนจึงอยู่ในระดับดีพอสมควรคือ 5.53 และการยอมรับอยู่ในระดับ ยอมรับได้ สำหรับเนื้อสัมผัสจากการชิมได้คะแนน 6.57 โดยผู้ทดสอบมีความเห็นว่าผลิตภัณฑ์มีความนุ่มพอสมควร แต่ยังคงร่วนไม่เหนียวและยืดหยุ่นเหมือนขนมปังจากแป้งสาลีซึ่งผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความคุ้นเคยเป็นอย่างดีอยู่แล้ว อย่างไรก็ตามระดับการยอมรับก็อยู่ในเกณฑ์ ยอมรับได้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้คะแนนและการยอมรับรองลงมาคือ ที่ E4M ร้อยละ 1.5 กับน้ำร้อยละ 90 ซึ่งมีลักษณะทั่วไปโค้งนูนน้อยกว่าตัวอย่างแรก และเปลือกด้านบนปริแตกน้อยกว่าจึงได้คะแนน 2.00 การยอมรับอยู่ในระดับ เกือบใช้ได้ ส่วนลักษณะเนื้อในเซลอากาศมีขนาดเล็กสม่ำเสมอคล้ายตัวอย่างแรก

คะแนนจึงใกล้เคียงกันคือ 5.60 การยอมรับอยู่ในระดับ ยอมรับได้ เช่นเดียวกัน สำหรับลักษณะเนื้อสัมผัสจากการชิมได้คะแนน 5.30 ซึ่งต่ำกว่าตัวอย่างแรกเนื่องจากเนื้อขนมปังมีความนุ่มน้อยกว่า แต่การยอมรับอยู่ในระดับ ยอมรับได้ เช่นเดียวกัน จากคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่กล่าวมาจะเห็นว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากสภาวะร่วมทั้ง 2 สภาวะแตกต่างกันเฉพาะความเห็นในด้านเนื้อสัมผัสจากการชิมเท่านั้น ดังนั้นเมื่อพิจารณาร่วมกับปริมาตรจำเพาะของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 สภาวะซึ่งแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ(ตารางที่ 4.7) จึงเลือกตัวอย่างที่ผสม E4M ร้อยละ 1.5 กับน้ำร้อยละ 90 เป็นตัวอย่างที่ดีที่สุด และเนื่องจากใช้สารเจือปนในปริมาณต่ำกว่า ต้นทุนในการผลิตจึงต่ำกว่าด้วย สำหรับ E4M ร้อยละ 4.5 กับน้ำร้อยละ 90 ซึ่งให้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาตรจำเพาะสูงสุดนั้น เมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า แม้ลักษณะทั่วไปจะโค้งนูนดี แต่เปลือกด้านบนของผลิตภัณฑ์มีรอยแตกเป็นร่องลึกมาก ซึ่งทำให้ได้คะแนนด้านนี้เพียง 0.87 และการยอมรับอยู่ในระดับ ใช้ไม่ได้ การที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจาก E4M ในปริมาณสูงทำให้เม็ดแป้งมีแรงยึดเกาะกันมากสามารถกักเก็บก๊าซที่เกิดจากการหมักได้มาก และเมื่อนำเข้าอบจึงเกิดแรงดันสูงมากด้วย ก้อนแป้งผสมซึ่งมีความสามารถในการยืดตัวออกไม่มากนักจึงไม่สามารถต้านแรงดันนี้ได้ เปลือกด้านบนของผลิตภัณฑ์จึงปริแตกออก

สำหรับผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวเจ้าผสม K4M เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสเช่นเดียวกับ E4M พบว่าลักษณะทั้ง 3 ด้านดังกล่าวอยู่ในระดับการยอมรับ ใช้ไม่ได้ ถึง ยอมรับได้ โดยที่ K4M ร้อยละ 4.5 กับน้ำร้อยละ 90 ให้ขนมปังที่มีคะแนนและการยอมรับสูงที่สุด ผลิตภัณฑ์มีเปลือกด้านบนโค้งนูนไม่มีรอยแตก ได้คะแนนด้านลักษณะทั่วไป 5.50 การยอมรับอยู่ในระดับ ยอมรับได้ ส่วนเนื้อในขนมปังเซลอากาศมีขนาดเล็กค่อนข้างสม่ำเสมอ ได้คะแนน 5.90 การยอมรับอยู่ในระดับยอมรับได้ สำหรับเนื้อสัมผัสจากการชิมมีความนุ่มและชื้นมากจึงได้คะแนนสูงถึง 7.70 การยอมรับยังคงอยู่ในระดับ ยอมรับได้

เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างที่ดีที่สุดจากการใช้สารเชื่อมแต่ละชนิด จะเห็นว่าถ้าใช้ K4M ต้องใช้ในปริมาณมากจึงจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะที่ผู้บริโภคยอมรับได้ และปริมาตรจำเพาะของตัวอย่างดังกล่าวก็ยังคงต่ำกว่ามาตรฐาน(ตารางที่ 4.9) ในขณะที่ E4M ซึ่งใช้ในปริมาณน้อยกว่าสามารถให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะดีพอสมควรและมีปริมาตรจำเพาะไม่ต่ำกว่ามาตรฐาน (ตารางที่ 4.7) จึงเลือก E4M เป็นสารเชื่อมสำหรับใช้ในการผลิตขนมปังจากแป้งข้าวเจ้าต่อไป

5.4 <u>การปรับปรุงคุณภาพขนมปังแป้งข้าวเจ้า</u>

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้แม้จะมีลักษณะทั่วไปค่อนข้างดีแต่เปลือกด้านบนมีรอยแตก และเนื้อ

สัมผัสมีลักษณะร่วนไม่เหนียวและยืดหยุ่น การที่เปลือกด้านบนปริแตกเกิดเนื่องจากสาเหตุที่ได้กล่าวแล้วในข้อ 5.3.1 ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสที่แห้งร่วนเมื่อผลิตภัณฑ์เย็นตัวลงเกิดเพราะแป้งข้าวเจ้ามีสมบัติด้านการเกิดรีโทรเกรเดชันสูง(รูปที่ 4.4) ดังนั้นจึงเลือกใช้กลูเตนและแป้งถั่วเหลือง ในการปรับปรุงคุณภาพขนมปังจากสมมติฐานที่ว่า กลูเตนมีความเหนียวและยืดหยุ่นดีน่าจะช่วยลดปัญหาด้านการปริแตกของเปลือกนอกด้านบน ส่วนแป้งถั่วเหลืองมีโปรตีนในปริมาณสูง(ร้อยละ 46.71) และมีคาร์โบไฮเดรทต่ำ(ร้อยละ 37.29)กว่าแป้งข้าวเจ้าจึงควรช่วยลดการเกิดรีโทรเกรเดชันในแป้งข้าวเจ้าได้

5.4.1 ผลของปริมาณแป้งถั่วเหลืองและ/หรือกลูเตนต่อปริมาตรจำเพาะของขนมปัง

ได้ศึกษาผลการใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน โดยใช้อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้า:แป้งถั่วเหลือง 3 ระดับคือ 100:0 95:5 100:10 และใช้กลูเตน 3 ระดับคือ 0.0 1.5 และ 3.0 ของน้ำหนักแป้ง พบว่าที่อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้า:แป้งถั่วเหลือง 95:5 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาตรจำเพาะสูงกว่าตัวอย่างที่ใช้อัตราส่วน 100:0 และ 90:10 ทุกปริมาณกลูเตนและที่อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้า:แป้งถั่วเหลืองเดียวกัน เมื่อเพิ่มปริมาณกลูเตนปริมาตรจำเพาะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จะลดลง(รูปที่ 4.19) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ปริมาณแป้งถั่วเหลืองและปริมาณกลูเตนมีผลต่อปริมาตรจำเพาะของขนมปังอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) และปัจจัยทั้งสองมีปฏิภาคสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน(ตารางที่ 4.14) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยปริมาตรจำเพาะของขนมปังโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่าผลิตภัณฑ์ซึ่งมีปริมาตรจำเพาะสูงสุดและแตกต่างจากตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญคือตัวอย่างที่ใช้แป้งข้าวเจ้า:แป้งถั่วเหลือง 95:5 และไม่ใช้กลูเตน เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากแป้งถั่วเหลืองมีสมบัติในการช่วยเพิ่มแรงยึดเกาะตัวระหว่างเม็ดแป้งทำให้ก้อนแป้งสามารถอุ้มก๊าซได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการใช้แป้งถั่วเหลืองในขนมปังจากแป้งสาลีที่พบว่ามีผลในการเพิ่มปริมาตรจำเพาะของขนมปังได้เช่นเดียวกัน แต่แป้งถั่วเหลืองในปริมาณสูงทำให้เม็ดแป้งมีแรงยึดเกาะกันมากเกินไปขนมปังจึงมีปริมาตรจำเพาะลดลง(4) นอกจากผลทางด้านปริมาตรจำเพาะแล้วแป้งถั่วเหลืองยังมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสด้วย กล่าวคือ เมื่อปริมาณแป้งถั่วเหลืองที่ใช้ทดแทนสูงขึ้น เนื้อขนมปังมีความนุ่มขึ้นซึ่งอาจเป็นผลจากการที่แป้งถั่วเหลืองช่วยลดอัตราการเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้งข้าวเจ้าได้ดังที่ตั้งสมมติฐานไว้ ส่วนกลูเตนสามารถลดรอยปริแตกของเปลือกด้านบนได้เล็กน้อย แต่ก็ทำให้ปริมาตรจำเพาะของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมาก ซึ่งอาจเนื่องจาก กลูเตนทำให้เม็ดแป้งมีแรงยึดเหนี่ยวกันมากเกินไปจนไม่สามารถยืดออกได้ตามแรงดันของก๊าซ

5.4.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสขนมปังที่ผลิตโดยแปรปริมาณแป้งถั่วเหลืองและกลูเตน ในด้านลักษณะทั่วไป ลักษณะเนื้อ กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ผู้ทดสอบมีความเห็นว่า ปริมาณแป้งถั่วเหลืองและปริมาณกลูเตน ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะทั่วไปแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้า:แป้งถั่วเหลือง 95:5 กับกลูเตนร้อยละ 0.0 ผลิตภัณฑ์มีลักษณะทั่วไปดีที่สุดได้คะแนน 7.42 หมายถึง ชอบปานกลาง อันเป็นคะแนนสูงสุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่น(ตารางที่ 4.15) ในด้านลักษณะเนื้อขนมปังพบว่าปริมาณแป้งถั่วเหลืองไม่มีผลต่อลักษณะเนื้อหรือลักษณะเซลอากาศแต่อย่างใด(ตารางที่4.16) แต่ปริมาณกลูเตนที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ลักษณะเนื้อขนมปังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ผลิตภัณฑ์จะมีเนื้อหยาบขึ้นเมื่อมีกลูเตนในส่วนผสมมากขึ้น(ตารางที่4.16 และรูปที่4.18) พบว่าตัวอย่างที่มีคะแนนความชอบในด้านนี้สูงสุดคือ ตัวอย่างที่ใช้แป้งข้าวเจ้า:แป้งถั่วเหลือง 95:5 กับกลูเตนร้อยละ0.0 ซึ่งได้คะแนนเฉลี่ย 7.00 หมายถึง ชอบปานกลาง ในด้านกลิ่นพบว่าทั้งปริมาณแป้งถั่วเหลืองและปริมาณกลูเตนมีผลอย่างไม่มีนัยสำคัญต่อกลิ่นของผลิตภัณฑ์ คะแนนความชอบด้านกลิ่นของทุกตัวอย่างอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ซึ่งก็เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีกลิ่นแป้งหมักเล็กน้อย ในด้านเนื้อสัมผัสพบว่าปริมาณแป้งถั่วเหลืองมีผลต่อคะแนนความชอบในด้านนี้อย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือเมื่อปริมาณแป้งถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ผู้ทดสอบสังเกตได้ชัดเจนว่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์นุ่มขึ้น แต่ปริมาณกลูเตนมีผลต่อคะแนนความชอบด้านนี้อย่างไม่มีนัยสำคัญ คือปริมาณกลูเตนที่เพิ่มขึ้น ไม่มีผลทำให้ผู้ทดสอบสังเกตการเปลี่ยนแปลงด้านนี้ได้ ตัวอย่างที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดคือ ตัวอย่างที่ใช้แป้งข้าวเจ้า:แป้งถั่วเหลือง 95:5 กับกลูเตนร้อยละ 0.0 โดยได้คะแนน 6.75 หมายถึง ชอบปานกลาง ในด้านการยอมรับรวมก็พบว่าตัวอย่างดังกล่าวมีคะแนนการยอมรับรวมสูงสุดเช่นกันคือ 7.00 หมายถึง ชอบปานกลาง ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลไม่พบปฏิภาคสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแป้งถั่วเหลืองและปริมาณกลูเตน(ตารางที่ 4.16)

เมื่อพิจารณาผลของปริมาณแป้งถั่วเหลืองและปริมาณกลูเตนที่มีต่อลักษณะต่างๆในการทดสอบทางประสาทสัมผัส จะเห็นว่าสอดคล้องกับปริมาตรจำเพาะของขนมปัง คือผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาตรจำเพาะสูงสุด มีคะแนนความชอบในด้านลักษณะทั่วไป ลักษณะเนื้อ กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมอยู่ในระดับดีที่สุดด้วย จึงสรุปได้ว่าสภาวะที่ดีที่สุดในการผลิตขนมปังจากแป้งข้าวเจ้าที่พบในงานวิจัยนี้คือ การใช้ E4M เป็นสารเชื่อมในปริมาณร้อยละ 1.5 กับน้ำร้อยละ 90 ของน้ำหนักแป้ง และใช้อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้า:แป้งถั่วเหลือง 95:5

5.5 คุณภาพของขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้า

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าเปรียบเทียบกับขนมปังจากแป้งสาลี(ตารางที่ 4.19) พบว่าขนมปังแป้งข้าวเจ้ามีความชื้นสูงกว่าขนมปังแป้งสาลีประมาณร้อยละ 10 ซึ่งนับว่าสูงพอสมควร ปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรทของขนมปังแป้งข้าวเจ้าน้อยกว่าขนมปังแป้งสาลีแม้จะมีการเสริมด้วยแป้งถั่วเหลืองแล้วก็ตาม ส่วนไขมันและเถ้ามีปริมาณใกล้เคียงกัน การที่ขนมปังแป้งข้าวเจ้ามีความชื้นมากกว่าก็เพราะปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตสูงกว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูงโดยทั่วไปน่าจะเป็นผลดีในแง่อายุการเก็บ เพราะการเสียน้ำเป็นสาเหตุทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแห้งแข็งและไม่เป็นที่ยอมรับ แต่ปริมาณน้ำที่มากก็ทำให้เชื้อราเจริญได้เร็วเช่นกันจึงได้ทดลองศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนี้ด้วย

5.6 อายุการเก็บของขนมปังแป้งข้าวเจ้า

ได้ศึกษาอายุการเก็บของขนมปังแป้งข้าวเจ้าซึ่งผลิตโดยใช้แคลเซียมโพรพิโอเนทเป็นสารกันเสียในปริมาณร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักแป้ง เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ใช้สารกันเสีย โดยหลังจากผลิตและทิ้งให้เย็นได้บรรจุผลิตภัณฑ์ในถุง PP และ HDPE ปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บที่อุณหภูมิห้อง(30±2 °ซ) ติดตามความชื้น เนื้อสัมผัส และปริมาณเชื้อราที่เปลี่ยนแปลง ในการทดลองได้ผลิตและศึกษาอายุการเก็บของขนมปังจากแป้งสาลีเปรียบเทียบกันไปด้วย

ผลจากการทดลองพบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น ความชื้นของผลิตภัณฑ์จะลดลง ไม่ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์จากแป้งสาลีหรือแป้งข้าวเจ้า แสดงว่าวัสดุภาชนะบรรจุทั้ง 2 ชนิด ยอมให้มีการแลกเปลี่ยนความชื้นได้ระหว่างผลิตภัณฑ์และสภาวะแวดล้อม สำหรับขนมปังแป้งข้าวเจ้าและแป้งสาลีที่ไม่ผสมสารกันเสียพบว่า ชนิดของวัสดุภาชนะบรรจุไม่มีผลต่อความชื้นขณะที่ระยะเวลาการเก็บมีผลอย่างมีนัยสำคัญ(ตารางที่ 4.21 และ 4.23) ส่วนผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งสาลีผสมสารกันเสียพบว่า ทั้งชนิดของวัสดุภาชนะบรรจุและระยะเวลาการเก็บมีผลทำให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และปัจจัยทั้งสองมีปฏิภาคสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน(ตารางที่ 4.25 และ 4.27) จากตารางที่ 4.22 และ 4.26 จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ในถุง PP มีความชื้นน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ในถุง HDPE ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความชื้นซึมผ่านถุง PP ได้ดีกว่าถุง HDPE ทั้งนี้ขึ้นกับระยะเวลาการเก็บด้วย ถ้าระยะเวลาในการเก็บสั้นเช่นในผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผสมสารกันเสีย ความแตกต่างนี้จะยังไม่เด่นชัดจึงตรวจไม่พบ แต่ในผลิตภัณฑ์ที่ผสมสารกันเสียระยะเวลาการเก็บสูงขึ้นจากประมาณ 3 วัน เป็น 5-7 วัน ทำให้สามารถตรวจพบความแตกต่างนี้ได้

สำหรับค่า shear strength ในผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวเจ้าทั้งที่ไม่ผสมและผสมสารกันเสีย พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น ค่า shear strength ของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มมากขึ้นด้วย แสดงว่าเนื้อผลิตภัณฑ์มีความแข็งมากขึ้น จึงต้องใช้แรงมากขึ้นในการทำให้ผลิตภัณฑ์ขาดออกจากกัน ซึ่งผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับผลความชื้นของผลิตภัณฑ์ คือเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์สูญเสียความชื้นไปทำให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่มน้อยลง แต่การแห้งแข็งของผลิตภัณฑ์ไม่ได้เกิดจากการสูญเสียน้ำเพียงอย่างเดียว หากเกิดจากรีโทรเกรเดชันของแป้งด้วย(29) เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ชนิดวัสดุภาชนะบรรจุมีผลต่อค่า shear strength ของผลิตภัณฑ์อย่างไม่มีนัยสำคัญ ขณะที่ระยะเวลาการเก็บมีผลอย่างมีนัยสำคัญ และทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีปฏิภาคสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน(ตารางที่ 4.21 และ 4.23) ส่วนค่า shear strength ของผลิตภัณฑ์จากแป้งสาลี พบว่า สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผสมสารกันเสีย ระยะเวลาการเก็บมีผลต่อค่า shear strength อย่างไม่มีนัยสำคัญ ซึ่งต่างจากผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวเจ้ากล่าวคือ ภายในระยะเวลา 3 วัน เนื้อขนมปังแป้งสาลียังคงมีความนุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเนื่องจากแป้งสาลีมีรีโทรเกรเดชันต่ำกว่าแป้งข้าวเจ้า(รูปที่ 4.4) และกลูเตนจากแป้งสาลีซึ่งเป็นโปรตีนสามารถเก็บความชื้นได้ดีกว่าโครงสร้างของเจลของ HPMC ซึ่งเป็น cellulose แต่สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ผสมสารกันเสีย พบว่าระยะเวลาการเก็บมีผลทำให้ค่า shear strengthของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นค่า shear strength ของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์สูญเสียความชื้นและเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้งเอง ส่วนชนิดของวัสดุภาชนะบรรจุยังคงไม่มีผลต่อค่า shear strength ของผลิตภัณฑ์ และปัจจัยทั้ง 2 ไม่มีปฏิภาคสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

สำหรับปริมาณเชื้อรา ตรวจพบปริมาณเชื้อราในขนมปังแป้งข้าวเจ้าสูงกว่าในขนมปังแป้งสาลีทั้งชนิดที่ไม่ผสมและผสมสารกันเสีย ปริมาณความชื้นที่สูงกว่าอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลดังกล่าวนี้ แต่ถึงแม้จะปริมาณเชื้อรามากกว่า อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งสาลีที่ไม่ผสมสารกันเสียก็เท่ากันคือ 3 วัน เนื่องจากวันที่ 4 ของการเก็บจะมีเส้นใยเชื้อราปรากฏให้เห็น จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ชนิดวัสดุภาชนะบรรจุ มีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม อย่างไม่มีนัยสำคัญ ส่วนระยะเวลาการเก็บไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่น แต่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวม(ตารางที่ 4.29) กล่าวคือ เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น คะแนนความชอบทั้งทางด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมลดลง เพราะเนื้อขนมปังเริ่มแห้งและร่วน แต่ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ(ตารางที่ 4.28) สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ผสมสารกันเสีย พบว่าอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์จะ

สูงขึ้น คือ มีอายุการเก็บ 5 วัน โดยวันที่ 6 ของการเก็บจะมีเส้นใยเชื้อราปรากฏให้เห็น จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ชนิดวัสดุภาชนะบรรจุมีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ(ตารางที่ 4.31) การที่ชนิดของวัสดุภาชนะบรรจุมีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่นอย่างมีนัยสำคัญ อาจเนื่องจากถุง HDPE สามารถป้องกันการซึมผ่านของสารระเหยได้ต่างๆที่อยู่ในขนมปังได้ดีกว่าถุง PP เช่นเดียวกับที่ป้องกันการซึมผ่านของน้ำได้ดีกว่าด้วย ส่วนระยะเวลาการเก็บไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่น แต่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวเจ้า(ตารางที่ 4.31) เมื่อพิจารณาในแต่ละวันจะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมลดลงทุกวัน โดยวันที่ 5 ของการเก็บ ผลิตภัณฑ์ได้คะแนนการยอมรับรวมอยู่ในช่วง 2.2 - 2.7 ซึ่งหมายถึง ไม่ชอบมากถึงไม่ชอบปานกลาง(ตารางที่ 4.30)แสดงว่า แม้จะไม่ปรากฏเส้นใยเชื้อราให้เห็นบนผลิตภัณฑ์ แต่ผลิตภัณฑ์ก็ไม่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบแล้ว โดยผู้ทดสอบให้ความเห็นว่าผลิตภัณฑ์แห้งและร่วนเพิ่มมากขึ้นจนไม่สามารถยอมรับได้ ดังนั้นผลิตภัณฑ์จึงมีอายุการเก็บเพียง 4 วัน โดยยังได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบ จากผลการทดลองจะเห็นว่าเกณฑ์ในการตัดสินอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ ต้องอาศัยทั้งปริมาณเชื้อรา การมีเส้นใยเชื้อราปรากฏให้เห็น และการทดสอบทางประสาทสัมผัสควบคู่ไปด้วย โดยปริมาณเชื้อราเป็นการตรวจวิเคราะห์เพื่อให้ทราบถึงความปลอดภัยในการบริโภคเมื่อยังไม่สามารถมองเห็นเส้นใยเชื้อรา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย